



EESTI MAAÜLIKOOL

Tehnikainstituut

Reio Innos

**LABORATOORSETE TÖÖDE JUHENDID
ELEKTROONIKAS PINGEJAGURITE
KASUTUSVIISIDEST ANALOG DISCOVERY 2 ABIL
INSTRUCTION FOR THE USES OF VOLTAGE DIVIDER FOR
LABORATORY WORK IN ELECTRONICS USING ANALOG
DISCOVERY 2 MODULE**

Bakalaureusetöö

Tehnoloogia ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: Heino Pihlap, *MSc*

Tartu 2021

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Reio Innos		Õppekava: Tehnika ja Tehnoloogia	
Pealkiri: Laboratoorsete tööde juhendid elektroonikas pingejagurite kasutusviisidest Analog Discovery 2 abil			
Lehekülgi: 45	Jooniseid: 23	Tabeleid: 0	Lisasid: 2
Osakond/Õppetool: Energiakasutuse õppetool ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 4. Loodusteaduse ja tehnika 4.17. Energeetikaalased uuringud T140 Energeetika Juhendaja(d): Heino Pihlap, MSc Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2021			
Käesoleva töö eesmärk on koostada laboratoorsesete tööde juhendid elektroonikas pingejagurite kasutusviisidest Analog Discovery 2 abil. Töö koostamisel kasutati interneti allikaid ja nende põhjal mõeldi välja ülesanded. Saavutatud tulemust on võimalik kasutada elektroonika kursust läbivatel tudengitel õppetöö eesmärgil.			
Märksõnad: Laboratoorne, juhend, pingejagur, kõrgpääsufilter, madalpääsufilter			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Reio Innos		Curriculum: Engineering	
Title: Instruction for the Uses of Voltage Divider for Laboratory Work in Electronics Using Analog Discovery 2 Module			
Pages: 45	Figures: 23	Tables: 0	Appendixes: 2
Department / Chair: Chair of Energy Application Engineering Field of research and (CERC S) code: 4. Natural Sciences and Engineering 4.17. Energetic Research T140 Energy research Supervisors: Heino Pihlap, MSc Place and date: Tartu, 2021			
The aim of this paper is to compile instructions for the uses of voltage divider circuits in electronics using the Analog Discovery 2 module. To compose the thesis in hand multiple sources on the internet were used and based on the knowledge gathered exercises were put together. The final product of this thesis, instructions for laboratory work, are usable for studying purposes by collegians who are attending an electronics course.			
Keywords: Laboratory, instruction, voltage divider, low-pass filter, high-pass filter			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. Laboratoorse töö juhendi koostamiseks vajalik materjal	7
1.1. Teooria	7
1.1.1. Pingejagur	7
1.1.2. RC madalpääsufilter	9
1.1.3. RC kõrgpääsufilter	12
1.2. Riist- ja tarkvara	13
1.2.1. Analog Discovery 2	13
1.2.2. Maketeerimislaud	18
1.2.3. WaveForms	23
2. Laboratoorse töö juhendi koostamine	25
2.1. Laboratoorse töö sissejuhatus	25
2.2. Ülesande 1 juhend	26
2.3. Ülesande 2 juhend	26
2.4. Ülesande 3 juhend	27
2.5. Ülesande 4 juhend	28
3. Ülesanded	29
3.1. Ülesanne 1	29
3.2. Ülesanne 2	31
3.3. Ülesanne 3	33
3.4. Ülesanne 4	36
KOKKUVÕTE	38
KASUTATUD KIRJANDUS	40
LISAD	42
Lisa 1. Potentsiomeetri andmeleht	43
Lisa 2. Takistite värvikoodide tabel	44
Lisa 3. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta	45

SISSEJUHATUS

Pingejagurid on tänapäeva elektroonikas lahutamatu element. Pingejagureid kasutatakse sisendpinge vähendamiseks nõutud väljundpingeni. Pingejagurid on esindatud suures osas elektroonika seadmetes – analoog helitugevuse nupud, mõõteseadmetes, kus mõõdetav pinge ületab seadme parameetreid, potentsiomeetrid, operatsioonivõimendis pingejärgija ühenduse loomiseks jpm. Eelnevalt väljatoodu põhjal võib öelda, et pingejaguri kasutusoskus on iga elektroonika kursuse läbija jaoks väga oluline. Pingejaguri õpetamiseks valitud seade, Analog Discovery 2, on elektroonika õppimiseks suurepärane vahend, mis võimaldab kuvada mõõtetulemusi, muuta sisendpinget ja maketeerimislaua on erinevaid ühendusi võimalik testida ja muuta kergesti. Analog Discovery 2 on antud kontekstis ideaalne vahend, sest õppuril on oluline aru saada sellest, mis ta teeb ja näha reaajas muutusi ahela väljundites. Kuna pingejagurid on oluline osa tänapäeva elektroonikast ja Analog Discovery 2 on suurepärane vahend õpetamiseks, on autor valinud oma bakalaureuse lõputöö teemaks koostada laboratuursete tööde juhendid elektroonikas pingejagurite kohta.

Käesoleva lõputöö eesmärk on koostada laboratuursete tööde juhendid elektroonika õppimiseks, kasutades seadet *Analog Discovery 2*. Autori poolt on elektroonika aine läbitud, seega ta oskab näha ja hinnata seda, mis on olulised komponendid laboratuursetes töödes materjali omandamiseks. Töö eesmärgi saavutamiseks peab autor:

1. Omandama materjali pingejaguri kohta tasemini, kus on võimaline teadmisi edasi andma ja välja filtreerima olulisema
2. Õppima selgeks seadme *Analog Discovery 2* võimalused ja piirangud
3. Välja mõtlema katseskeemid, mis on üliõpilasele õpetlikud
4. Tegema arvutusülesanded vastavalt katseskeemidele
5. Kokku panema üliõpilasele arusaadava ja lahendatava laboratoorse töö
6. Vormistama lõpptulemuse

Käesolev töö on jagatud peatükkideks. Igas peatükis leitakse lahendus eelnevalt välja toodud eesmärkidele. Esimeses peatükis kirjutatakse pingejagurist, selle definitsioonist. Tuuakse välja kasutusviisid ja näidatakse, kuidas läbi viia arvutused ja mis on selleks sobivaimad valemid. Alapeatükkides kirjutatakse RC madal- ja kõrgpääsufiltrite teooriat ning riist- ja tarkvara tutvustus. Välja on toodud *Analog Discovery 2* olemus ja selle võimalused ning piirangud, maketeerimislaua tutvustus, programmi *WaveForms* ja komplekti ADALP2000

kirjeldus. Teises peatükis hakatakse üliõpilasele lahendatavaid ning mõistetavaid ülesandeid koostama, tuuakse välja eeldatud lahendusviisid, kuidas nendeni jõutakse ja arvestuse saamise tingimused. Kolmandas peatükis hakatakse vormistama komplekteeritud juhendit, kus on olemas katseskeemid, arvutusülesanded ning juhend.

Tänuavaldus juhendajale Heino Pihlapile, MSc.

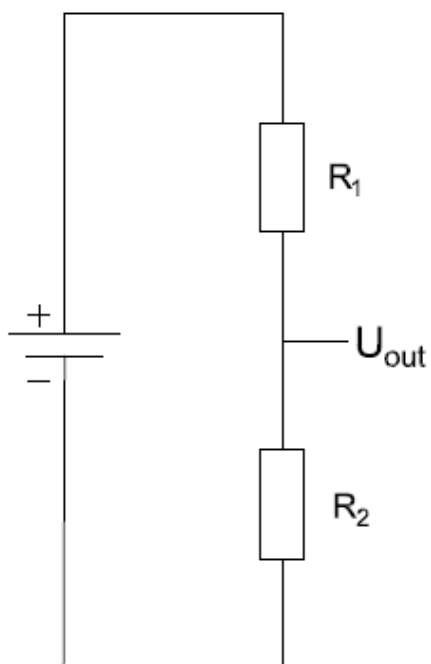
1. Laboratoorse töö juhendi koostamiseks vajalik materjal

1.1. Teooria

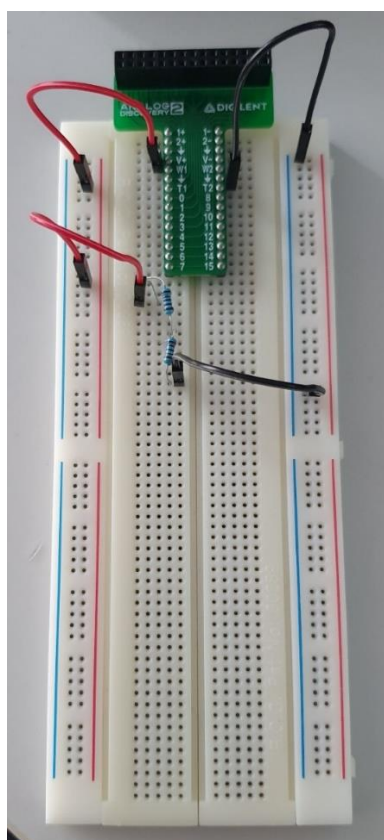
1.1.1. Pingejagur

Antud töö eesmärk on koostada elektroonika kursusesse laboratoorsete tööde juhendid pingejagurite kohta kasutades seadet Analog Discovery 2. Selleks peab olema autoril omandatud materjal pingejaguri kohta piisavalt, et oleks võimaline seda edasi andma labortöö kujul. Pingejagurid on tänapäeval elektroonikas üks olulisemaid elemente, sest on peaaegu igas elektroonika seadmes olemas.

Pingejagur on elektriabel, mis muundab sisendpinge väiksemaks pingeks, väljundpingeks, kasutades vähemalt kahte takistit. Pingejagurid võimaldavad lihtsalt saada toiteallikast vajaliku suurusega pinget. Pingejagureid teatakse ka potentsiaali jagajatena kuna sellega saab muuta kahe punkti potentsiaalide vahet. See on lihtne elektriabel, mis kasutab ära pinge langusid skeemielementidel, mis on ühendatud jadamisi. Väljundpinge oleneb takistite suhetest, mida elektriabelas kasutatakse. Pingejaguri saab konstrueerida takistitest, kondensaatoritest ja induktoritest. Kõige lihtsam pingejaguriskeem koosneb toiteallikast, kahest takistist ja nende vahelt toodud väljundpingest (Joonis 1.1). Pingejagurit on maketeerimislaua väga lihtne ühendada (Joonis 1.2). Oma ehituselt on potentsiomeeter pingejagur, see omab reguleeritavat takistust, sisendit ja kahte väljundit. See tähendab, et piisab toiteallikast ja potentsiomeetrist, et saada pingejagur. [1]



Joonis 1.1. Pingejagur



Joonis 1.2. Pingejagur maketeerimislau

Pingejaguri arvutusvalem on

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \quad (1.1)$$

kus V_{out} on väljundpinge voltides, V

V_{in} on sisendpinge voltides, V

R_2 on toiteallika poolt teise takisti väärtus oomides, Ω

R_1 on toiteallika poolt esimese takisti väärtus oomides, Ω

1.1.2. RC madalpääsufilter

RC madalpääsufiltreid kasutatakse elektrialhela müra filtreerimiseks. Seda madalpääsufiltri omadust kasutatakse helitehnikas soovimatute helide kõrvaldamiseks. Kuna madalpääsufilter filtreerib sagedusi, mis on kõrgemad teatud piirist, kasutatakse neid enamasti basskõlarites, kus kõrgema sagedusega helid pole tahetud.

RC madalpääsufilter on oma põhimõttelt pingejagur, mis lubab läbi kõik signaalid 0-st Hz kuni mahaloike sageduseni f_c samal ajal blokeerides või nõrgendades kõiki signaale, mis neid tingimusi ei täida. Oluline on märkida, et selline ühendus toimib ainult vahelduvvoolu ringis kuna ühenduses on kondensaator. [2]

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}, \quad (1.2)$$

kus R on valitud takistus oomides, Ω

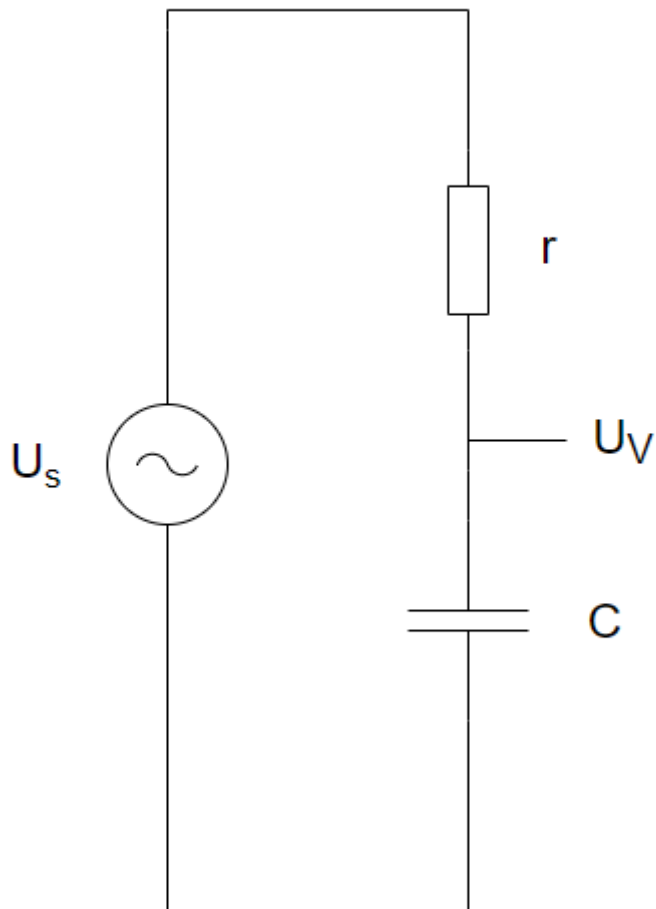
C on valitud kondensaatori takistus Farad'ites, F

Filtreid saab jagada kahe eristavaks grupiks – aktiivfiltrid ja passiivfiltrid. Aktiivfiltrites on signaali võimendavad seadmed. Passiivfiltrites ei ole selliseid seadmeid, seega ei toimu signaali võimendamist. Passiivfiltris on kaks passiiv komponenti, see tähendab, et väljundsignaali amplituud on väiksem kui sisend signaal, kui palju see on väiksem oleneb komponentide väärtustest. Madalpääsufilter saab olla mahtuvus-, induktiiv- ja aktiivtakistuse kombinatsioon, mille eesmärk on madaldada või ära lõigata kõik signaalid, mille sagedus on üle varasemalt seadistatud piiri. Ühtlasi, kuna tegemist pole

ideaalolukorraga, toimub ka soovitud signaalidele madaldamine. Punktis, kus toimub teatud signaalisageduste maha lõikamine või vähendamine nimetatakse mahalõike punktiks. [2]

Kõige lihtsam madalpääsufilter ehk RC madalpääsufilter koosneb jadamisi ühendatud ühest takistist ja ühest kondensaatorist (Joonis 1.3). Sellises ühenduses sisendsignaal U_{in} läbib mõlemat komponenti, nii takistit kui ka kondensaatorit, aga väljundsignaal U_{out} võetakse enne mahtuvustakistust. Sellist filtrit teatakse ka esimese järgu filtrina või ühepooluselise filtrina, sest selles on üks reaktiiv komponent, ühenduses olev kondensaator. [2]

Kondensaatori mahtuvustakistus muutub pöördvõrdeliselt sagedusega, sageduse kasvamisel langeb mahtuvustakistus, ühtlasi jääb takisti väärtus konstantseks. Madalatel sagedustel on mahtuvustakistus väga suur võrreldes takisti väärtusega, see tähendab, et U_C potentsiaal on palju kõrgem, kui pingelang U_r takistil. Olukorras, kus on kõrged sagedused, on kõik vastupidiselt – U_C potentsiaal on madalam, kui pingelang U_r takistil. [2]



Joonis 1.3. Madalpääsufilter

RC madalpääsufilter on väga sarnane pingeljaguriga kuid see töötab sageduse põhjal. On teada, et pingeljaguri arvutusvalem on järgnev

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1.3)$$

Madalpääsufiltri arvutusvalem on sellele väga sarnane

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} = U_{in} \cdot \frac{X_C}{Z}, \quad (1.4)$$

$$\text{kus } X_C = \frac{1}{2\pi f C} \text{ ja } Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}, \quad (1.5)$$

kus X_C on kondensaatori mahtuvustakistus oomides, Ω

Z on näivtakistus ehk impedants on vahelduvvoolu takistus oomides, Ω

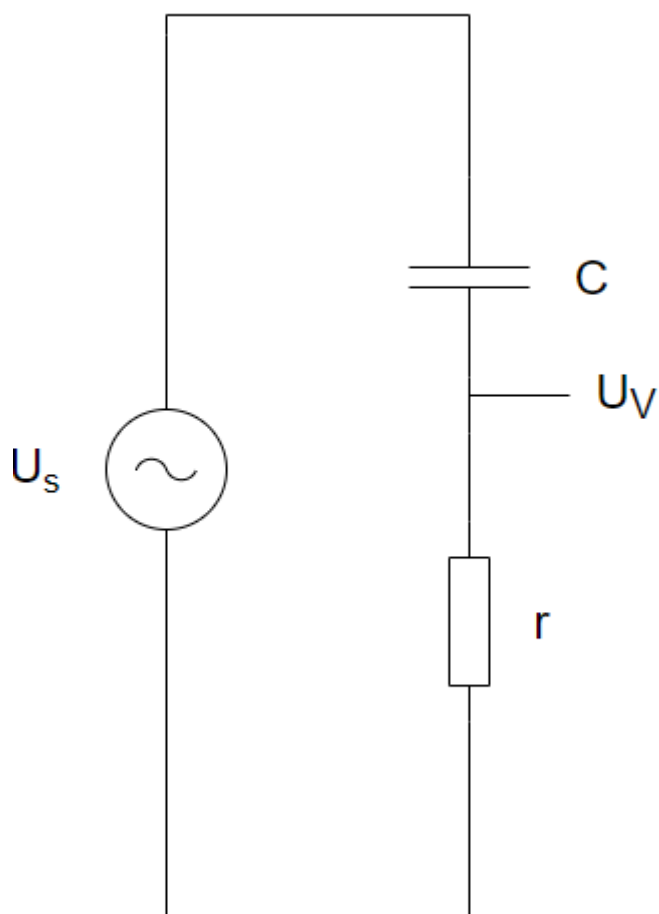
Mahalõike sageduse arvutamiseks saab kasutada valemit

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1.6)$$

1.1.3. RC kõrgpääsufilter

Vastupidiselt RC madalpääsu filtrile, RC kõrgpääsufilter lubab läbida signaalid, mis on kõrgemad mahalõike sagedusest. Sellises ühenduses (Joonis 1.4) on madalatel sagedustel kondensaatori reaktiivsus väga kõrge. Kondensaator käitub sarnaselt avatud ahelale, blokeerib kõik sisendsignaalid U_{in} kuni mahalõike sageduspunktini f_c . Ületades mahalõike sageduspunkti väheneb kondensaatori reaktiivsus piisavalt, et laseb läbi kõik signaalid väljundisse U_{out} . Mahalõikepunkti, f_c , saab arvutada valemiga –

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} [3] \quad (1.7)$$



Joonis 1.4. Kõrgpääsufilter

RC kõrgpääsufiltreid kasutatakse helivõimendites ja on seetõttu väga oluline ühendus muusikatööstuses.

1.2. Riist- ja tarkvara

1.2.1. Analog Discovery 2

Analog Discovery 2 (Joonis 1.5) on ettevõtte Digilent poolt loodud USB-ga ühendatav ostsilloskoop. See on elektroonikas kasutatav loogika seade, millel on mitmeid võimalusi. Sellega saab mõõta, visualiseerida, genereerida, salvestada ja kontrollida erinevaid signaale

igasugustes ühendusviisides. Seade (Joonis 1.6) on ideaalne vahend inseneridele, õpilastele, hobikorras kasutajatele ja elektroonika huvilistele oma võimaluste tõttu. [4]



Joonis 1.5. Analog Discovery 2 [5]



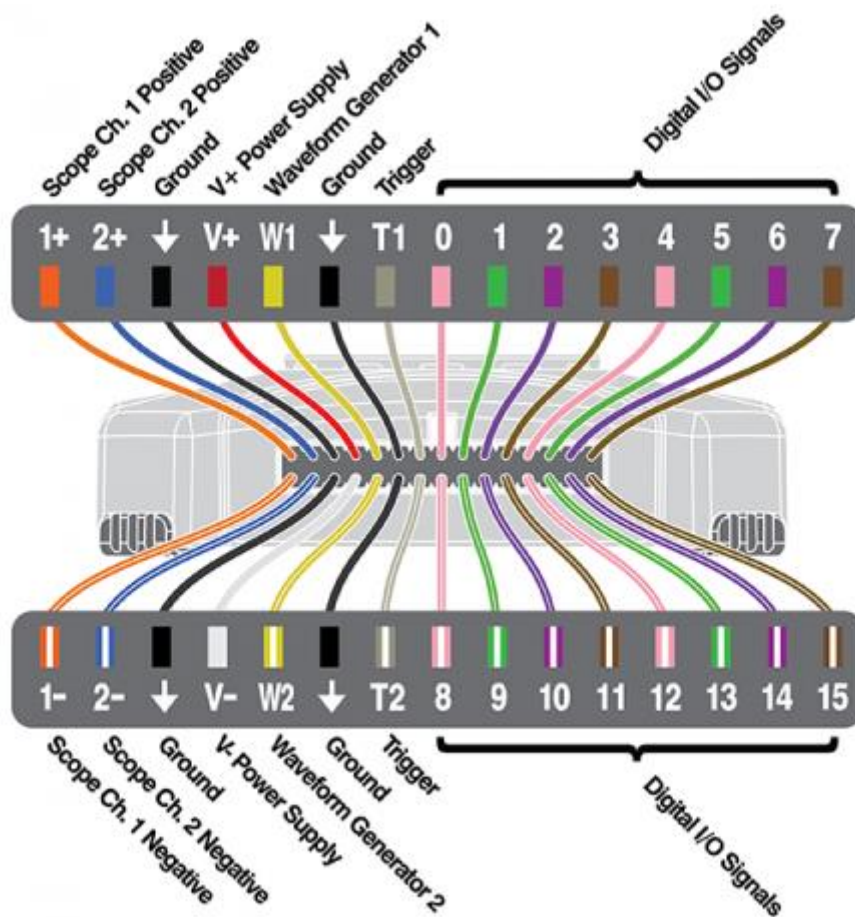
Joonis 1.6. Seade Analog Discovery 2

Analog Discovery 2-l on rohkelt erinevaid võimalusi. Võimalik on luua kõiki erinevaid ühenduste tüüpe, neid mõõta, ja lihtsalt graafiliselt ekraanile kujutada, kasutades programmi *WaveForms*. *Analog Discovery 2* üheks parimaks omaduseks on selle lihtsus. Töö alustamiseks on vaja vaid ühendada seade USB abil arvutiga ja alla laadida programm *WaveForms*. Kahe eelneva punkti läbimisel on järgi vaid luua endale vajalik ühendus. Seadme graafiliselt kujutamise võimalus annab kõikidele kasutajatele selge ülevaate sellest, mida nende poolt ühendatud võrgus on valesti või mida oleks vaja muuta, et saada soovitud tulemus. See omadus on kasulik õpilastele kuna saavad kiiresti tuvastada oma vea ja selle ära parandada. Seadme kasutamiseks on vaja ühilduvat vooluallikat, ühendatavaid seadmeid ning tulemuste kuvamiseks programmi *WaveForms*. [4]

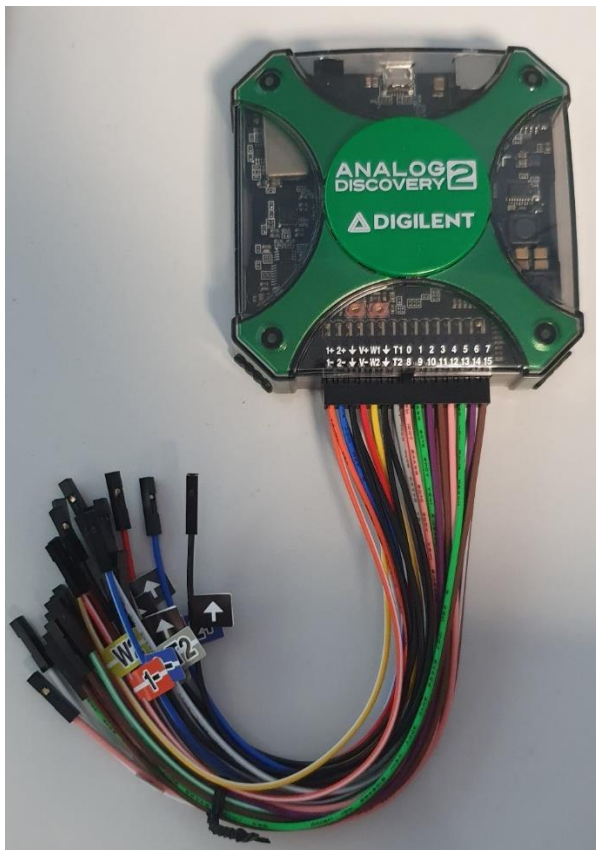
Analog Discovery 2-l on 30 väljundit, millest 15 analoogset ja 15 digitaalset (Joonis 1.7) Seadet on võimalik kasutada ühendades komplektiga kaasatulev pistik, mille juhtmetele on märgitud vastav väljund (Joonis 1.8) või kasutades samuti komplektiga kaasas olevat pistikut, mis on mõeldud ühendamiseks maketeerimislauale, kus väljundid on märgitud selle peale (Joonis 1.9). Antud bakalaureuse töö raames kasutatakse maketeerimislauale ühendatavat pistikut.

Seadme kanaliteks on –

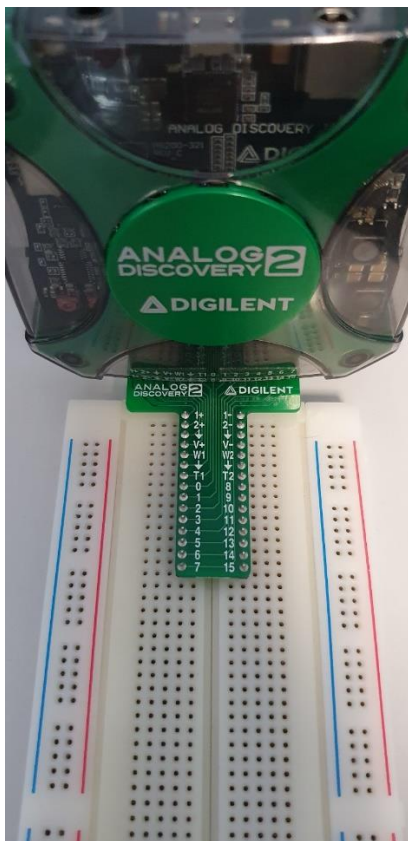
- Kanalid 1+ ja 2+ kasutatakse positiivse ostilloskoobi, voltmeetri, spektrumianalüsaatori, võrguanalüsaatori ja andmelukusti poolt
- Kanalid 1- ja 2- kasutatakse negatiivse ostilloskoobi, voltmeetri, spektrumianalüsaatori, võrguanalüsaatori ja andmelukusti poolt
- Mõlemas reas vasakult kolmas (Joonis 1.7) kanal on maandus
- Kanal V+ on positiivse pingegeneraator
- Kanal V- on negatiivse pingegeneraator
- Kanalid W1 ja W2 on lainegeneraatorid
- Mõlemas reas vasakult kuues kanal on maandus
- Kanalid T1 ja T2 on lülitid
- Kanalid 0-15 on digitaalseteks signaalideks [6]



Joonis 1.7. Analog Discovery 2 väljundid [7]



Joonis 1.8. Juhtmetega pistik Analog Discovery 2-1

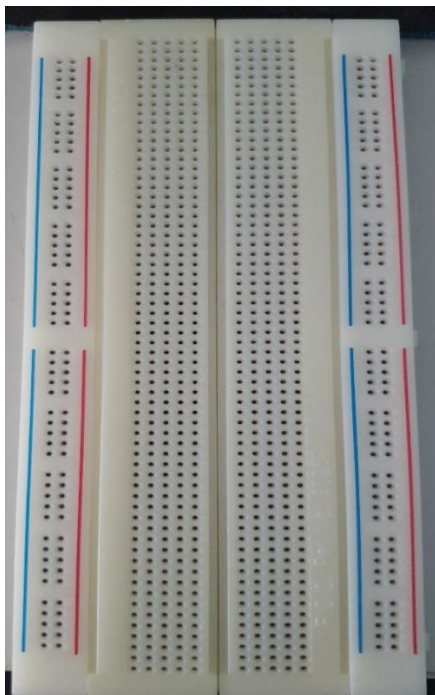


Joonis 1.9. Maketeerimislaua pistik Analog Discovery 2-1

Analog Discovery 2 puhul on kasutaja jaoks kõik elemendid tehtud väga lihtsasti mõistetavaks ja kasutajasõbralikuks. Autor on elektroonika kursuse läbimisel korduvalt seadet kasutanud ja juba esmasel kasutamisel, mõne minuti pikkuse juhendi lugemisega, oli võimaline ühendama oma esimese elektriahela maketeerimislaual ja selle mõõtetulemused kuvama programmis WaveForms. Sellest võib järeldada, et seade on elektroonika õppimiseks suurepärase vahend pakkudes mitmeid võimalusi. Eriti mugavaks antud seadme teeb see, et kui kiiresti on võimalik katsetada erinevaid ahelaid, mõõta ja neid tulemusi kujutada graafiliselt reaalsajas.

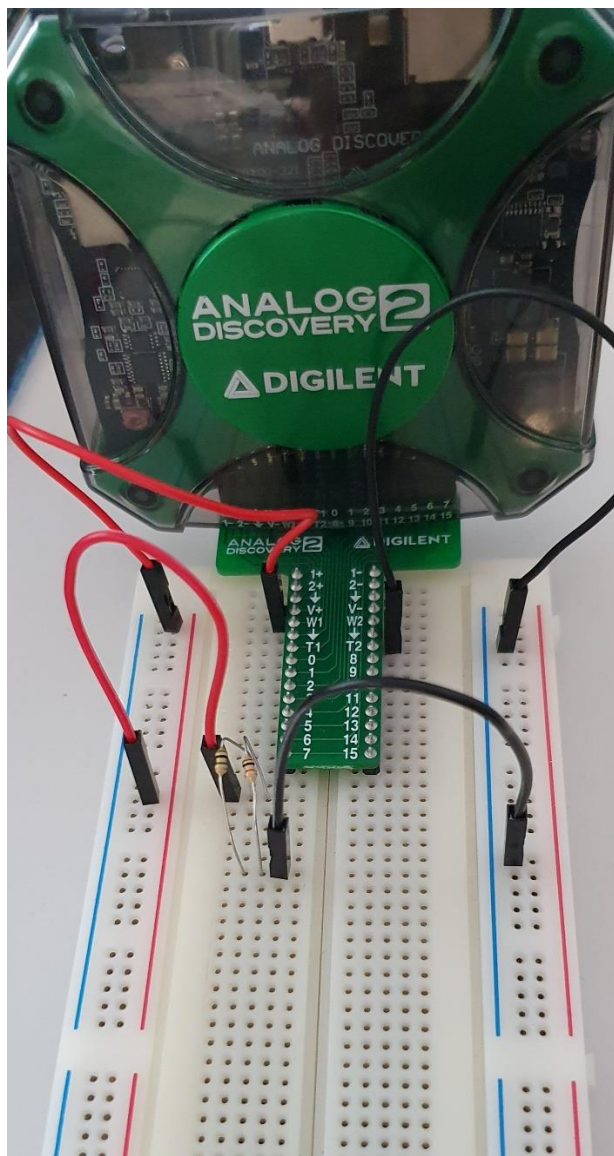
1.2.2. Maketeerimislaud

Maketeerimislauda (Joonis 1.10) on autor oma varasemates õpingutes korduvalt kasutanud ja veendunud selle mugavuses õppe eesmärgil. See ei välista seda, et vahend on ideaalselt kasutatav ka kõikidel teistel, kes soovivad elektroonikat õppida, oma elektriahelaid proovida või testida erinevaid teooriaid. Antud töös on maketeerimislaud lahutamatu osa, sest kõik ühendused luuakse antud vahendi peal, sest muutused on kiiresti tehtavad.

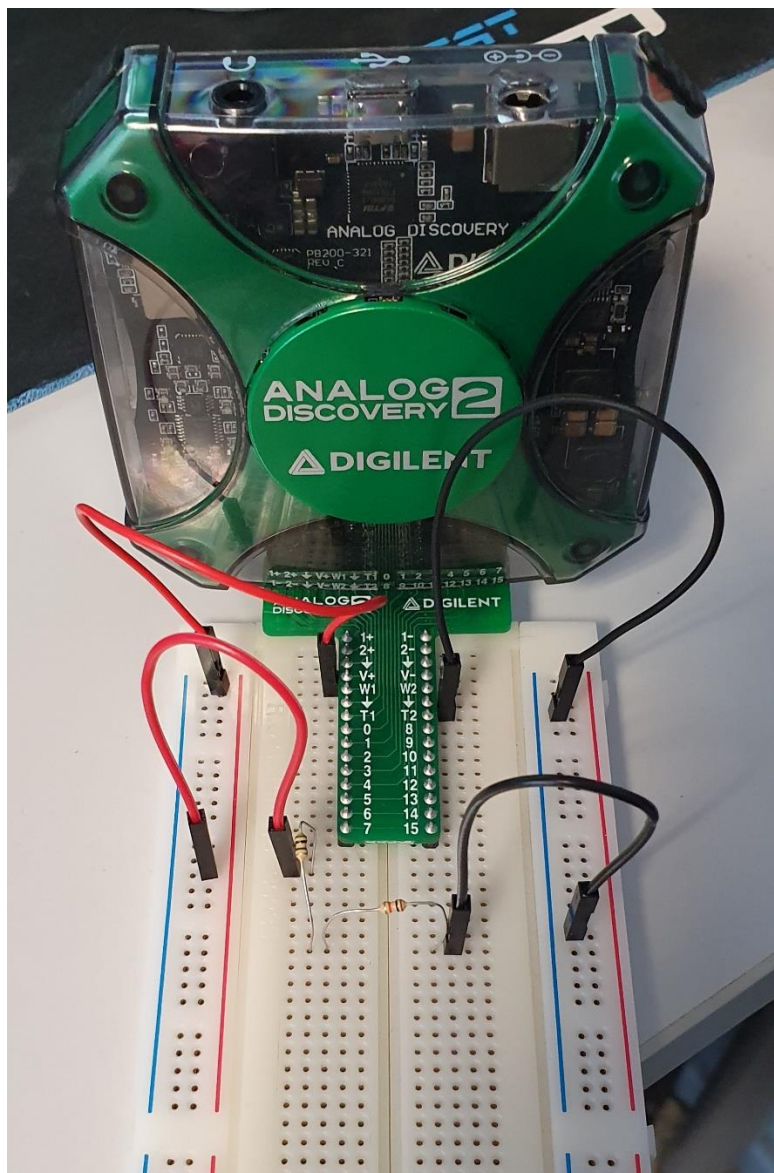


Joonis 1.10. Maketeerimislaud

Maketeerimislaual on ühenduste loomine lihtne, sest pistikud on selge loogikaga ühendatud, seadmeid ja skeemielemente saab kiiresti vahetada ja kõik vahendid on korduvkasutatavad. Maketeerimislaual on rööp- (Joonis 1.11) ja jadaühendusi (Joonis 1.12) väga lihtne teha, mis on antud töö jaoks väga oluline, sest lõpp produkt on suunatud algajatele, kelle jaoks kiirus ja lihtsus on olulised aspektid õppimisel.



Joonis 1.11. Rööpühendus maketeerimislaual



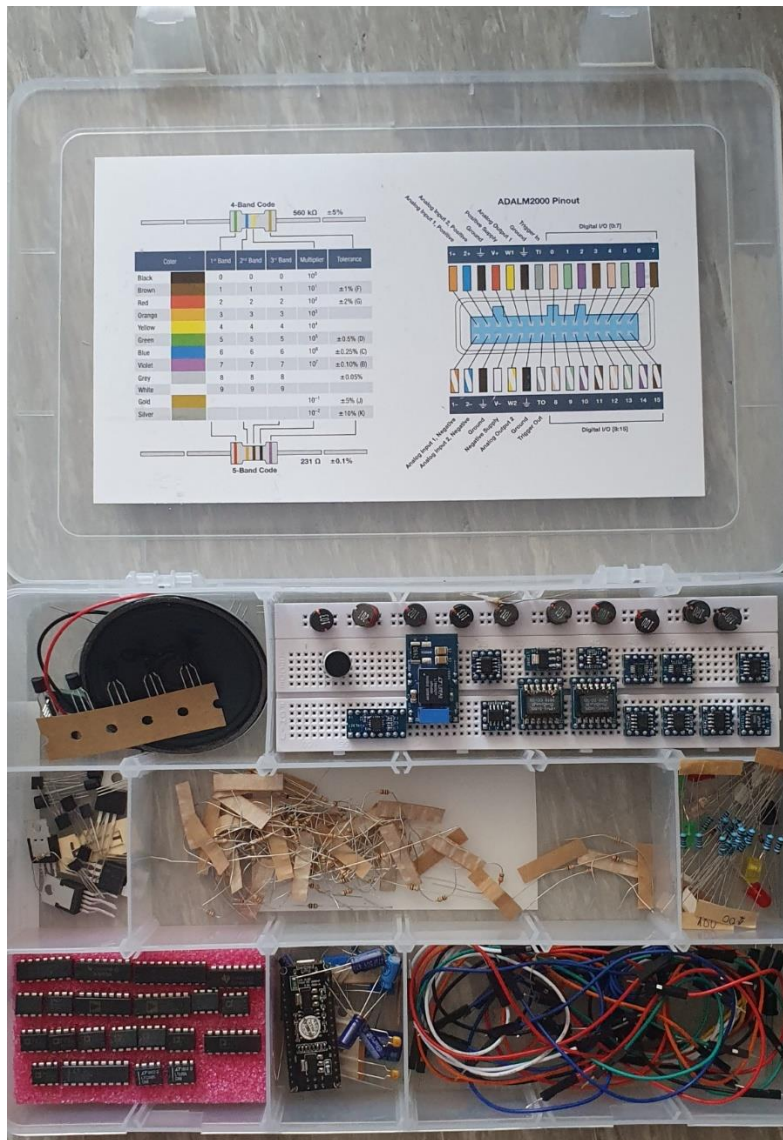
Joonis 1.12. Jadaühendus maketeerimislaua

Maketeerimislaua on tavaliselt plastmassist alus, mille peal on pistikuaugud ja all on need pistikud rea kaupa ühendatud (Joonis 1.13) kasutades elektrit juhtivat metalli. Maketeerimislaua kasutatakse ajutiste elektriahelate testimiseks või ideede proovimiseks. Sellel saab jootmata ühendada omavahel erinevaid seadmeid, mis tähendab, et elektriahela osad on kiiresti vahetatavad ja korduvkasutatavad. [8]



Joonis 1.13. Maketeerimislaua pistikute ühendused

Töö praktilise poole teostamisel kasutatud komponendid on komplektist ADALP2000 (Joonis 1.14).

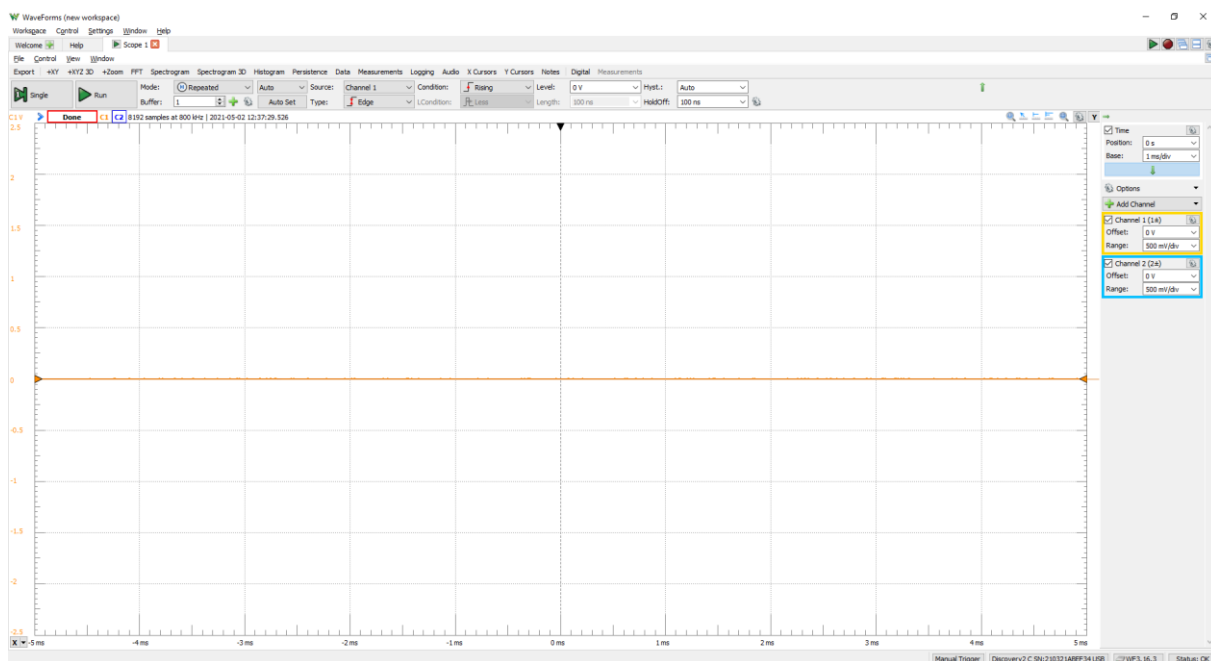


Joonis 1.14. Komplekt ADALP2000

Komplektis on töö teostamiseks suur valik takisteid, kondensaatoreid, potentsiomeetreid ja ühenduste loomiseks vajalikud juhtmed. Kondensaatorite ja potentsiomeetrite (Lisa 1.) valimisel tuleb minna karbi kaanel antud komplekti kodulehele, kus on kirjutatud kõikide karbis olevate elementide parameetrid. Takistite valikul tuleb lähtuda värvikoodi legendist (Lisa 2.), kasutada multimeetrit või oomeetrit.

1.2.3. WaveForms

WaveForms on tarkvara, mis võimaldab ekraanile graafiliselt kujutada elektriahelas tehtud mõõtmisi, ning muuta antavat signaali tüüpi ja selle suurust. WaveForms ühildub seadmetega - *Electronics Explorer*, *Digital Discovery*, *Analog Discovery*, *Analog Discovery 2* ja *Analog Discovery Studio*. Ostsilloskoop (Joonis 1.15) on antud töö kontekstist kõige olulisem WaveForms'i aspekt. See aitab kasutajal visualiseerida enda loodud ühenduse, mis annab parema ülevaate tehtust kui paberil tehtud arvutused või maketeerimislaua takistite ja teiste komponentide ühendus. Signaaligeneraatoriga on võimalik ette anda erinevaid signaale – siinus-, ruut-, kolmnurk-, tõusvat-, langevat-, pulseerivat-, müra, trapets- ja kasutaja poolt loodud signaale. Sisendpinget on peamenüüs (Joonis 1.16) lihtne muuta vastavalt vajadusele. [9]



Joonis 1.15. Ostsilloskoop



Joonis 1.16. Peamenüü

Programm WaveForms on autoril olnud elektroonika õppimiseks suurepärane abivahend. See võimaldab kiiresti kuvada mõõtetulemused graafikul ja muutusi näha reaalaajas. See ühildub seadmega Analog Discovery 2 ja seetõttu on valitud antud bakalaureuse töösse.

2. Laboratoorse töö juhendi koostamine

2.1. Laboratoorse töö sissejuhatus

Iga laboratoorse töö oluliseim element üliõpilast harida ja ka praktikas omandatud oskusi ja teadmisi rakendada. Sellise tulemuse saavutamiseks peab olema laboratoorse töö juhendi sissejuhatuses vastatud järgmistele küsimustele –

1. Millise elektroonika osa kohta ta teadmisi omandab
2. Kuidas jõuda nõutud tulemusteni
3. Mida peaks üliõpilane peale laboratoorsetöö sooritamist oskama
4. Milleks on see üliõpilasele vajalik
5. Mis on õpitu reaalsed rakendused
6. Mida peab tegema, et laboratoorne töö sooritatuks lugeda

Sellise laboratoorse töö juhendi sissejuhatus kirjutamiseks peab üliõpilane olema ise materjali omandanud, saama aru, miks see vajalik on. Laboratoorsete tööde läbimiseks ettenähtud aeg on mingil määral piiratud, see tähendab, et sissejuhatus peab olema kuigivõrd kokkuvõtlik, kuid peab vastama ülaltoodud küsimustele ja olema piisav selleks, et laboratoorset tööd läbida.

Olles ise saranaseid töid sooritanud, näinud, mis on efektiivne ja mis mitte, konstrueeriti järgnev laboratoorse töö sissejuhatus -

“Käesolevas laboratoorses töös käsitletakse pingejagurit. Pingejagur on vähemalt kahe takisti jadaühendus, millel on sisendpinge. Pingejaguri eesmärk on vähendada sisendpinget vajaliku pingeni, väljundpingeni, mis võetakse kahe takisti vahelt. Pingejagurid on esindatud peaaegu kõikides tänapäeva seadmetes, millel on elektroonika elemente – telefonid, arvutid, autod jpm. Laboratoorse töö sooritamiseks peab rakendama eelnevalt õpitut, selle põhjal läbima ülesanded ja tegema vastavad järledused. Arvestuse saamisel on üliõpilasel ülevaade pingejaguri rakendustest, vajalikest valemitest ja ära tunda, kus on seda kasutatud. Elektriahela elementide valikul saad abi ADALP2000 komplekti esikaanelt ja leheküljelt wiki.analog.com/ADALP200”

2.2. Ülesande 1 juhend

Ülesanne 1. on antud laboratoorses töös kõige olulisem ülesanne, kuna selle sooritamisel jõuab üliõpilane pingejaguri valemini, mis on suureks abiks teiste ülesannete lahendamisel. See ülesanne on pandud esimeseks kuna järgnevate ülesanneteni jõudes saab üliõpilane kohe seda rakendada ja tagasiside sellest, et kui ta arvutas esimes ülesandes pikemalt, kasutades voolusid, siis nüüd see, mis ta juba teinud on aitab teisi palju kiiremini lahendada. Oluliseks on peetud seda, et valemit ei anta ette, vaid selleni peab ta ise jõudma. Selliselt lähenemine kinnistab valemit paremini ja on heaks näiteks sellest, et sellise protsessi käigus ongi paljud arvutusvalemid välja kujunenud.

Esimeses ülesandes on kaks poolt – esimeses pooles saab üliõpilane kasutada oma varasemalt omandatud teadmisi rakendades leida pingejaguri pingelangu ja teises pooles peab üliõpilane tuletama pingejaguri valemi. Ülesanne on kaheosaline sellepärast, et esimeses pooles väljakirjutatud valemid ja arvutused on head, kui on silma ees ja juba läbi tehtud, nii on lihtsam tuletada pingejaguri valemit.

Esimese ülesande tekst pandi kirja selliselt –

“Arvutada pingejaguri pingelang, kui on teada, et $U_{in} = 5 \text{ V}$, $R_1 = 10000 \Omega$ ja $R_2 = 7000 \Omega$. Tuleta valem, millega saab leida pingelangud kasutamata arvutuses voolu. Näita juhendajale mõttekäiku.”

Ülesande teksti lõppu on kirjutatud “Näita juhendajale mõttekäiku” põhjusel, et ei oleks võimalik lihtsalt see kuskilt maha kirjutada.

2.3. Ülesande 2 juhend

Ülesande 2 eesmärk on kinnitada esimeses ülesandes tuletatud pingejaguri valemit ja selgeks teha sisend- ja väljundpinge proportsionaalsus vastavalt takistitele. Selle väljundi saavutamiseks on kirjutatud järgnev ülesande tekst –

“Kasutades eelnevas ülesandes leitud valemit, leida takistid, mille puhul sisendpinge V_{in} on kaks korda suurem, kui väljundpinge V_{out} . Joonestada antud katseskeem vastavalt IEC 60617

standardile. Koostada selline ühendus maketeerimislaual ja visualiseerida nii sisend- kui ka väljundpinge programmis WaveForms. Kas arvutused ja mõõtmised ühtivad? Põhjenda. “

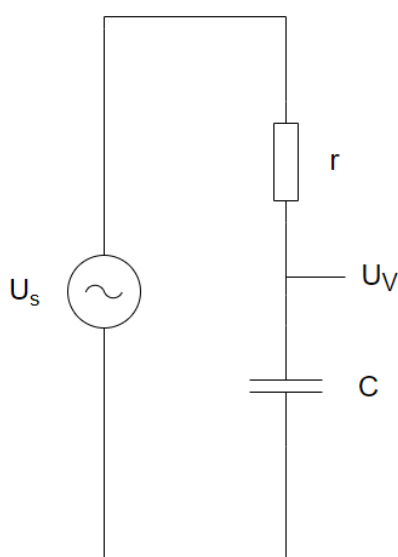
Arvestuse saamiseks peab üliõpilane joonestama katseskeemi vastavalt IEC 60617 standardile. Seda sellepärast, et kuna kõik ametlikud joonised peavad nad hiljem, ka teistel kursustel, vastavalt standarditele joonestama, siis see on hea harjutus, mis hakkab seda lihasmällu harjutama.

2.4. Ülesande 3 juhend

Ülesande 3 juhend peab olema kõige põhjalikum, sest käesolevas laboratoorses töös pole varem räägitud RC madal- ega kõrgpääsufiltritest. Selleks, et tudeng saaks paremini aru, mis ta tegema peab on antud ülesandes joonised ja üks valem etteantud.

Ülesande juhend on järgnev –

“RC madalpääsufilter on oma põhimõttelt pingejagur, mis lubab läbi kõik signaalid $0 < f < f_c$ Hz kuni mahaloike sageduseni f_c , samal ajal blokeerides või nõrgendades signaale, mis neid tingimusi ei täida. Oluline on märkida, et selline ühendus toimib ainult vahelduvvooluringis kuna ühenduses on kondensaator.



Joonis 1. Madalpääsufilter

Leida RC madalpääsufiltri väljundpinge ja mahalõike sagedus f_c , kui on antud $V_{in} = 5 \text{ V}$, $C = 47 \cdot 10^{-9} \text{ F}$, $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ ja $f = 600 \text{ Hz}$. Mahalõike sageduse arvutamiseks kasuta valemit $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$.

Visualiseerida tulemus WaveFormsis ja muuda sagedust vastavalt oma soovile. Jälgi, mis juhtub väljundpingega sageduse muutumisel. Põhjenda tulemusi juhendajale.

Vaheta ühenduses takisti ja kondensaatori asukoht. Nüüd on tegemist RC kõrgpääsufiltriga. Vastupidiselt madalpääsufiltrile lubab kõrgpääsufilter läbi kõik signaalid, mille sagedused on suuremad, kui mahalõike sagedus f_c . Kuva tulemus WaveFormsis ja vaheta sisendsignaali sagedusi. Põhjenda tulemusi juhendajale.”

2.5. Ülesande 4 juhend

Ülesandes 4 näeb üliõpilane reaalselt näidet, kus kasutatakse pingejagurit. Antud olukorras on tegemist analoogse helitugevuse nupuga, kus potentsiomeetri takistust muutes mängitav muusika läheb valjemaks või vaiksemaks. Erinevaid mõõtetulemusi on juba eelnevates ülesannetes korduvalt kuvatud, seetõttu viimasel ülesandel on ainuke nõue potentsiomeetriga helitugevuse muutmine. Väljundi saavutamiseks on kirjutatud järgnev ülesande tekst –

“Ühenda maketeerimislauale ahel, kus saad potentsiomeetri abil muuta kõlarist väljuva heli tugevust. Otsi komplektist ADALP2000 potentsiomeetri mudel C502, kõlar, AUX sisendiga seade ja vali oma telefonist või muust seadmest muusika, mida tahad mängida. Vajadusel küsi abi juhendajalt. Jälgi, et potentsiomeetri takistuse ja heli võimsuse suhe oleks loogiline (päripäeva keerates läheb heli valjemaks ja vastupidi).”

3. Ülesanded

3.1. Ülesanne 1

Ülesannete koostamisel lähtuti põhimõtetest: labortööd on üliõpilastele, kes ei ole varem pingejaguritega kokkupuutunud ja et nad antud labortöö läbitöötamisel omandaks vähemalt algse ettekujutuse sellest, mis on pingejagur ja milleks seda kasutatakse. Kõikidel ülesannetel on püstitatud eesmärk ja õpiväljundid. Iga ülesande 100%-lise korrektse lahendamise korral saab üliõpilane kogu punktisummast 0,25 punkti, kokku on võimalik saada 1 punkt. Laboratoorse töö arvestatud saamiseks peab üliõpilane saama vähemalt 0,75 punkti.

Olles läbitöödanud teoreetilise poole laboratoorsest tööst peaks üliõpilasel olema arusaam pingejaguri olemusest ja selle rakendustest. Esimese ülesande koostamisel lähtuti sellest, et on olemas algsed teadmised. Ülesande eesmärk on üliõpilasel tuletada pingejaguri valem, mis on järgnevatel ülesannetel oluline teadmine. Üliõpilastele ei antud valemit ette eesmärgiga, et ise tuletamisel kinnistub see paremini ja arendab ka mõtlemist selles suunas, et valemid ongi sellise protsessi käigus välja kujunenud ja selline lähenemine probleemidele on rakendatav ka teistes olukordades. Ülesande esimeses pooles antakse üliõpilasele ette sisendpinge ja takistused. Nende põhjal peaks üliõpilane olema oma varasemate teadmiste põhjal välja arvutama väljundpinge, kasutades arvutustes voolu. Selle eesmärk on välja tuua vajalikud muutujad selleks, et üliõpilasel oleks ülesande teises pooles lihtsam teha vastavad asendused, et jõuda pingejaguri valemini. Takistusteks valitud suurused ei ole olulised, sest ei nõuta tulemuste kujutamist WaveFormsis ja antud olukorras loeb vaid põhimõte. Pinge 5V on etteantud põhjusel, et järgnevatel ülesannetes kasutatakse sama sisendpinget. Ülesande esimese poole õigeks lugemiseks nõutakse üliõpilaselt järgnevat lahendust –

Andmed

$$V_{in} = 5 \text{ V}$$

$$R_1 = 20000 \, \Omega$$

$$R_2 = 5000 \, \Omega$$

Lahendus

$$R_t = R_1 + R_2 = 20000 + 5000 = 25000 \Omega$$

$$I = \frac{V_{in}}{R_t} = \frac{5}{25000} = 0.0002 \text{ A}$$

(3.1)

$$V_{out} = I \cdot R_2 = 0.0002 \cdot 5000 = 1 \text{ V}$$

(3.2)

Vastus. Väljundpinge $V_{out} = 1 \text{ V}$

Üliõpilaselt nõutakse lahenduskäiku, see tähendab, et õigeks arvestamiseks ei piisa ainult vastuse andmist vaid on vajalik ka ülejäänud arvutused näidata.

Ülesande teisespooles on arvestuse saamiseks tudengil vaja tuletada pingejaguri valem ja lahendus on eeldatavasti järgnev –

$$V_{in} = I \cdot (R_1 + R_2)$$

(3.3)

$$V_{out} = I \cdot R_2$$

(3.4)

$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2}$$

(3.5)

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

(3.6)

Vastus. Pingejaguri valem on $V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

Hindamisel kõige olulisemaks aspektiks üliõpilase poolt tuletatud valemi korrektsus ja tuletuskäik. 0,25 punkti saamiseks peab tudeng näitama protsessi, kuidas jõudis tulemuseni, see tähendab, et ei piisa ainult õige valemi presenteerimisest. Kui üliõpilane esitab korrektse arvutusülesande, kuid ei ole võimeline tuletama pingejaguri valemit või oma tulemust põhjendama on saadud punkti summa 0,125. Juhul, kui on pingejaguri valem tuletatud ja põhjendatud, aga arvutusülesanne on sooritama tulemus samuti 0,125.

3.2. Ülesanne 2

Ülesande 2 põhifookuseks on kinnistada eelnevas ülesandes õpitud valem. Lahendamisel saab üliõpilane saada kohese tagasiside sellest, et see, mis ta juba teinud on, aitab järgnevaid ülesandeid lahendada ja sellest tingitult saada indu juurde. Lisaks eelnevalt toodud eesmärkidele õpetab ülesanne üliõpilasel sisend- ja väljundpinge proportsionaalsust vastavalt takistitele. Harjutuse koostamisel on oluline aspekt see, et lähteandemeteks pole toodud numbrilise väärtusega suurus. See välistab olukorra, kus üliõpilane jõuab katseeksituse meetodil nõutud tulemuseni.

Oodatav lahenduskäik –

Andmed

$$V_{\text{in}} = 5 \text{ V}$$

Lahendus

$$V_{\text{out}} = V_{\text{in}} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 2,5 \text{ V}$$

(3.7)

$$V_{\text{out}} = V_{\text{in}} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{2}$$

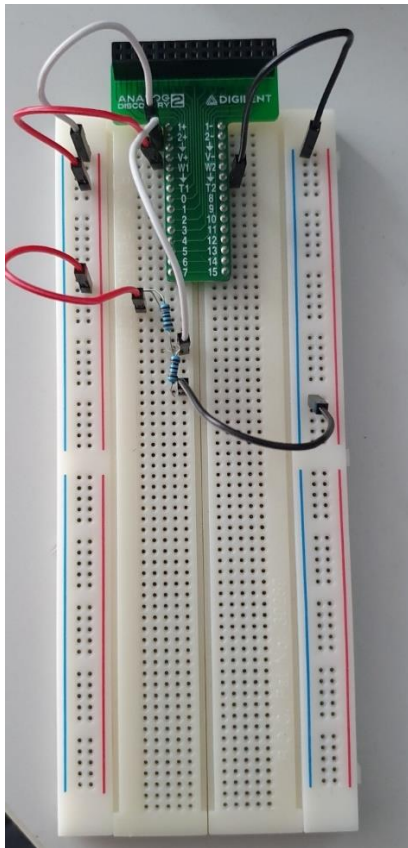
$$R_2 = 1$$

$$R_1 + R_2 = 2$$

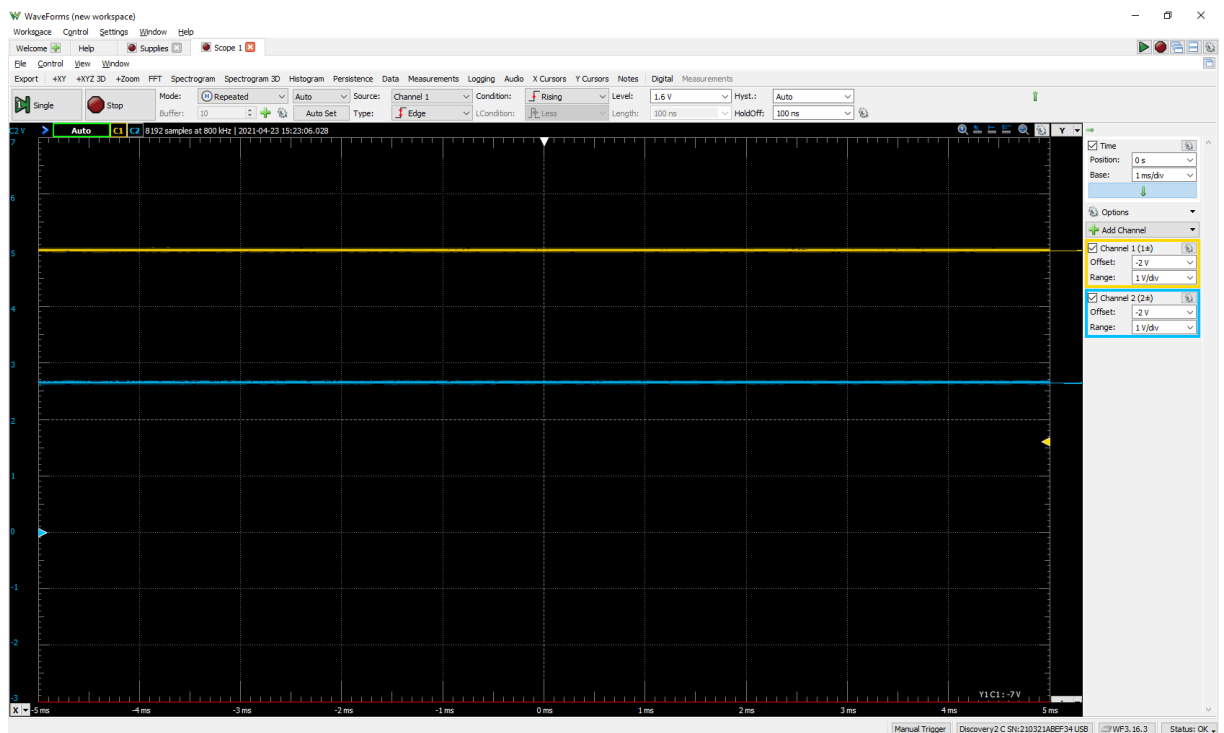
$$R_1 = 2 - R_2$$

$$R_1 = 1 = R_2$$

Vastus. $R_1 = R_2$, takistused võivad olla ükskõik kui suured, kuid peavad olema võrdsed



Joonis 3.1. Maketeerimislaual nõutud pingejaguri ühendus



Joonis 3.2. WaveFormsis oodatud tulemus

Ülesande arvestatud lugemiseks peab üliõpilane näitama lahenduskäigu, ühendama maketeerimislaual pingejaguri (Joonis 3.1) ja kujutama sisend- ja väljundpinge programmis WaveForms (Joonis 3.2). Juhul, kui üliõpilane ei saa hakkama arvutusülesande lahendamiselega on punktisummaks 0.

3.3. Ülesanne 3

Ülesandes 3 õpib üliõpilane tundma RC madal- ja kõrgpääsufiltreid. Selleks tuleb ülesande kirjelduses lühidalt kokkuvõtta materjal filtrite kohta. Ülesande arvutuslikuspooles on ette antud sisendpinge, kondensaatori mahtuvus, takisti väärtus ja signaalide sagedus. Oluline on antud ülesandes aru saada, mis on filtrite tööpõhimõte ja kuidas käib mahalõike sageduste arvutamine. Arvutused tuleb teha ainult RC madalpääsufiltri kohta kuna arvutused jäävad ka RC kõrgpääsufiltri kohta samaks.

Eeldatav arvutusülesande lahendus näeb välja järgnev

Andmed

$$V_{\text{in}} = 5 \text{ V}$$

$$C = 47 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$f = 600 \text{ Hz}$$

Lahendus

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

(3.8)

$$f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10000 \cdot 47 \cdot 10^{-9}} = 338,6 \text{ Hz}$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

(3.9)

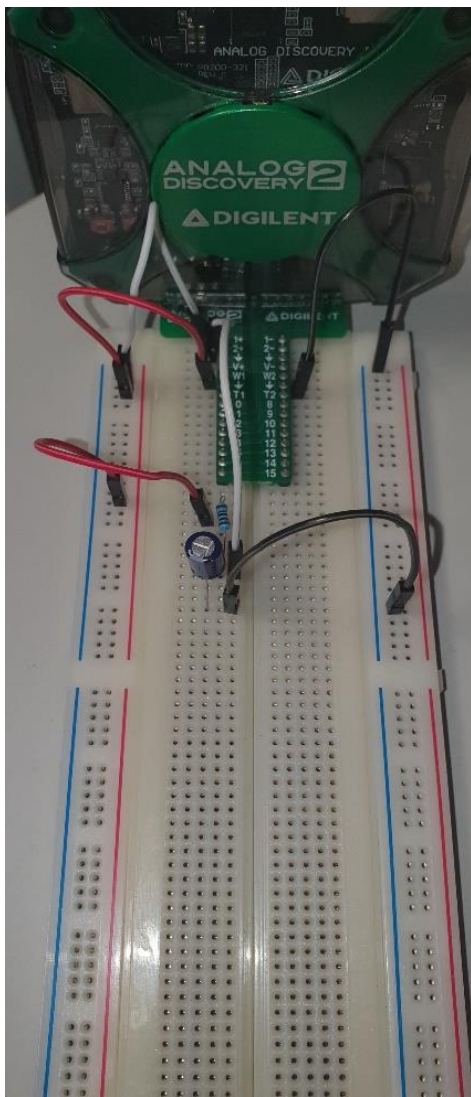
$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 600 \cdot 47 \cdot 10^{-9}} = 5,6 \text{ k}\Omega$$

$$V_{out} = V_{in} \cdot \left(\frac{X_c}{\sqrt{R_1^2 + X_c^2}} \right)$$

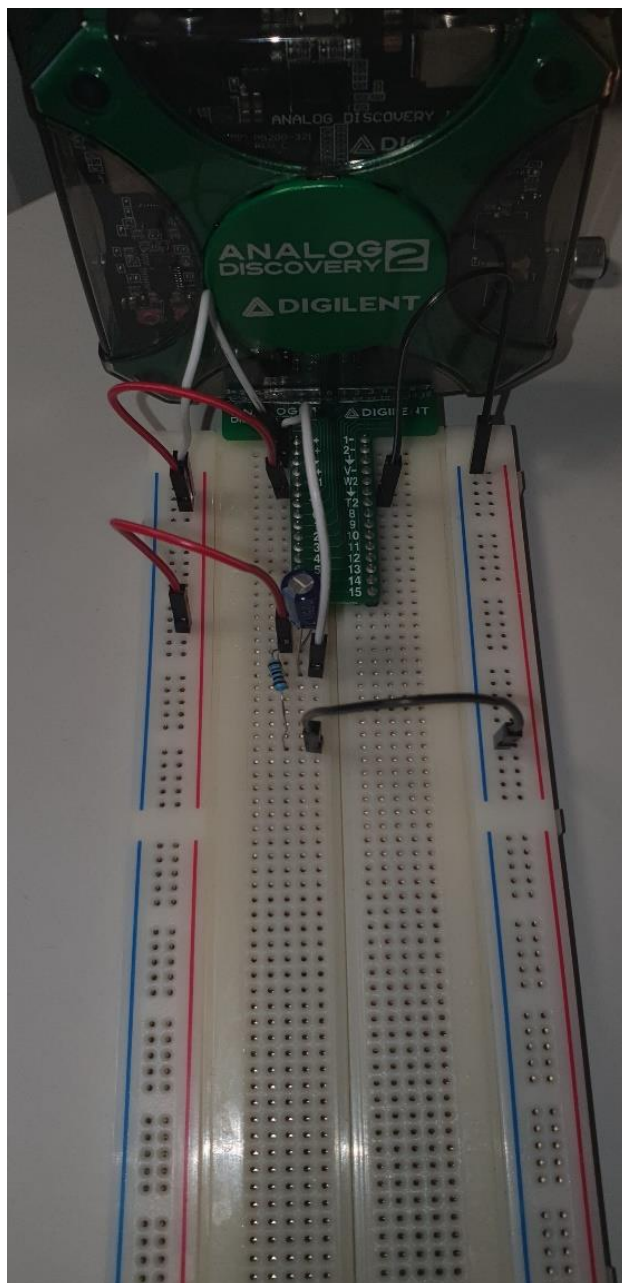
(3.10)

$$V_{out} = 5 \cdot \left(\frac{5600}{\sqrt{10000^2 + 5600^2}} \right) = 2,5 \text{ V}$$

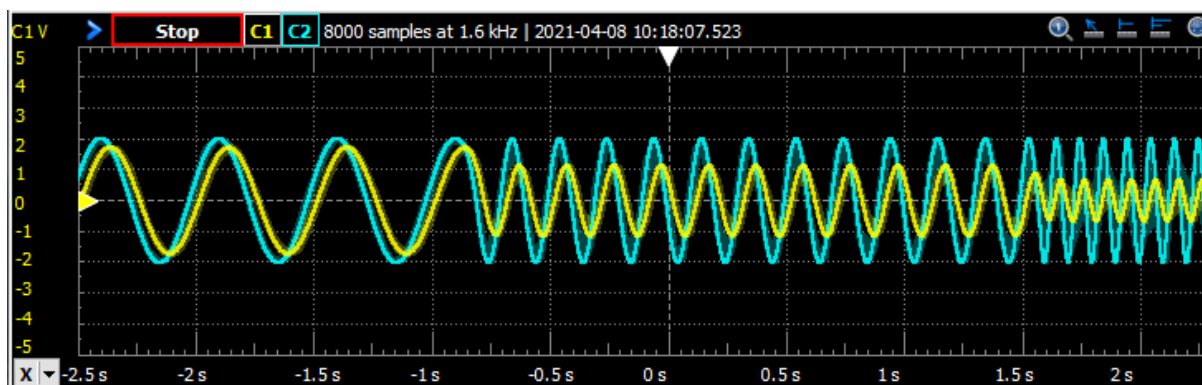
Vastus. RC madalpääsufiltri mahalõike sagedus on $f_c = 338,6 \text{ Hz}$ ja väljundpinge $V_{out} = 2,5 \text{ V}$



Joonis 3.3. RC madalpääsufilter maketeerimislaua



Joonis 3.4. RC kõrgrääsufilter maketeerimislaua

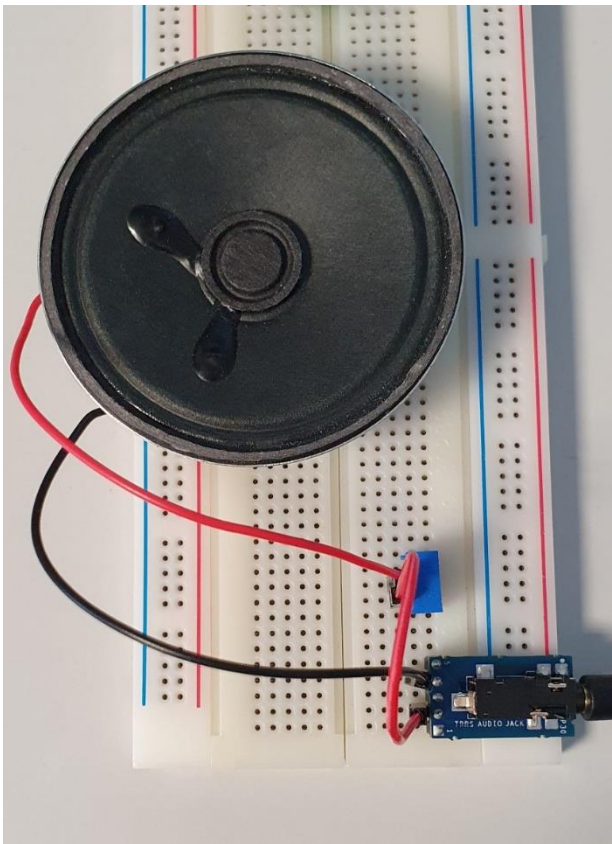


Joonis 3.5. WaveFormsis oodatud tulemus.

Arvestuse saamiseks peab üliõpilane korrektselt lahendama arvutusülesanded, ühendama RC madal- (Joonis 3.3) ja kõrgpääsufiltri (Joonis 3.4) maketeerimislaua ja visualiseerima nii madalpääsufiltri kui ka kõrgpääsufiltri sisend- ja väljundpinge muutumist sageduse kõrgemaks ja madalamaks muutmisel (Joonis 3.5). Oluline on, et üliõpilane põhjendab muutuseid juhendajale. Ülesande arvutusülesanne on 0,125 punkti, WaveFormsis mõõtetulemuste kujutamine on 0,125 punkti (eeldab korrektset ühendust maketeerimislaua).

3.4. Ülesanne 4

Ülesande 3 väljundiks on reaalne arusaam sellest, kus kasutada pingejagurit ja kuidas ühendada maketeerimislaua vajalikku ühendust (Joonis 3.6), kus saab potentsiomeetriga muuta kõlari võimsust.



Joonis 3.6. Maketeerimislaua nõutud ühendus

Ülesande juhendis pole nõutud muud, kui ühendus tööle saada ja potentsiomeetri keeramisel oleks tulemus loogiline, päripäeva keerates muutub heli valjemaks ja vastupidi, siis hindamine toimub selliselt, et kui üliõpilane ei lahenda ülesannet saab 0 punkti. Ühendab maketeerimislaua nõutud ühenduse, mis mängib muusikat, kuid potentsiomeeter ei toimi nii nagu nõutud on punkti summaks 0,125. Juhul, kui kõik väljundid on saavutatud saab üliõpilane 0,25 punkti.

KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk, koostada laboratoorse töö juhendid elektroonikas pingejagurite kohta Analog Discovery 2 abil, sai täidetud. Sissejuhatuses püsitatud eesmärgid said täidetud. Töö kirjutamiseks vajalik materjal pingejagurite kohta on autoril omandatud tasemini, kus on võimeline õpitut järgnevatele elektroonika kursuse läbijatele edasi andma ja oskab näha punkte, mis on kõige selle tegemiseks olulised. Õppinud selgeks seadme Analog Discovery 2 ja programmi WaveForms selliselt, et on võimeline töös kasutatud katseskeemid ühendama ja ka põhjendama mõõtmistes toimuvaid muutusi.

Töös koostatud laboratoorse töö juhendil on pingejagureid tutvustav sissejuhatus, mis on piisav üliõpilase algse teoreetilise põhja andmiseks, et läbida järgnevad ülesanded. Põhjendatud on pingejaguri olemus, selle rakendusvaldkonnad ja on toodud reaalseid näited igapäevaelust, kus käesoleva labortöö põhielementi, pingejagurit, kasutatakse. Sissejuhatuse läbi lugemisel on tudengil arusaam sellest, et milleks antud laboratoorse töö läbimine on oluline ja kus ta saab oma omandatud teadmisi kasutada.

Esimese ülesandes on kaks poolt – arvutus ülesanne, kus üliõpilane peab oma teadmisi kasutades jõudma nõutud tulemuseni ja seejärel kasutades esimeses pooles läbitud valemeid tuletama pingejaguri valemi iseseisvalt. Oluline on märkida, et esimese ülesande arvestatuks saamiseks peab üliõpilane näitama vastutavale õppejõule oma mõttekäiku. See välistab olukorra, kus tudeng kirjutab vastuse oma kolleegidelt või internetist maha.

Teise ülesande eesmärk on üliõpilasele kinnitada eelnevalt tuletatud pingejaguri arvutusvalem. Selline ülesanne on koostatud sellepärast, et annaks tudengile kohese tagasiside sellest, et see, mis ta juba teinud, on rakendatav järgnevates ülesannetes. Lisaks sellele aitab anda ettekujutuse sellest, et paljud valemid, mida ta ka teistes ainetes ja eluolukordades kasutab on sellise protsessi käigus tulnud. Ülesanne õpetab ka pingejaguri sisend- ja väljundpinge proportsionaalsust vastavalt valitud takistitele.

Kolmanda ülesande läbi töötamisel õpib tudeng arvutama ja ühendama RC madal- ja kõrgpääsufiltreid. Kuna eelnevas laboratoorse töö juhendis pole kirjutatud madal- ega kõrgpääsufiltritest on antud ülesandele kirjutatud pikem selgitav sissejuhatus. Ülesande põhifookuses on mõõtetulemuste visualiseerimine ja sageduste muutmine programmis WaveForms.

Neljas ülesanne annab üliõpilasele selge ülevaate pingejaguri rakendusest elus ja viisaliseerib ülesannete üks ja kaks õpitut.

Laboratoorseid töid on võimalik täiendada või muuta. Lisades ülesanded või autori poolt antud algandmeid modifitseerida.

Laboratoorsete tööde juhendeid pingejagurite kohta elektroonikas, käes oleva bakalaureusetöö lõpptulemus, saavad õppimiseks kasutada kõik, kes selle vastu huvi tunnevad.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] ElectronicsTutorials. (s.a) Voltage Dividers [veebileht]
<https://www.electronics-tutorials.ws/dccircuits/voltage-divider.html> (24.04.2021)
- [2] ElectronicsTutorials. (s.a) Passive Low Pass Filter [veebileht]
https://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter_2.html (28.04.2021)
- [3] ElectronicsTutorials. (s.a) Passive Low Pass Filter [veebileht]
https://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter_3.html (28.04.2021)
- [4] DIGILENT. (s.a) Analog Discovery 2: 100MS/s USB Oscilloscope, Logic Analyzer and Variable Power Supply [veebileht]
<https://store.digilentinc.com/analog-discovery-2-100msps-usb-oscilloscope-logic-analyzer-and-variable-power-supply/> (21.01.2021)
- [5] amazon. (s.a) Analog Discovery Systems Kit: USB Oscilloscope & Logic Analyzer [veebileht]
<https://www.amazon.com/dp/B07G8LG3JX> (22.03.2021)
- [6] Digilent, Inc. Analog Discovery 2 QuickStart: Video 0 - Introduction to the Analog Discovery 2 [veebileht]
<https://www.youtube.com/watch?v=HUAy0J3XqaU> (23.05.2021)
- [7] DIGILENT. (s.a) Analog Discovery 2 Reference Manual
<https://reference.digilentinc.com/test-and-measurement/analog-discovery-2/reference-manual>. (23.05.2021)
- [8] Electronics Club. (s.a) Breadboard
<https://electronicsclub.info/breadboard.htm> (03.02.2021)
- [9] ANALOG DEVICES. (s.a) ADALP2000 Product Description
<https://wiki.analog.com/university/tools/adalp2000/parts-index> (13.04.2021)

[10] DIGILENT. (s.a) WaveForms, The feel of benchtop software with a computer-friendly user interface [veebileht]

<https://store.digilentinc.com/digilent-waveforms/> (21.01.2021)

LISAD

Lisa 1. Potentsiomeetri andmeleht



Features

- Single Turn / Cermet / Industrial / Sealed
- Available on tape and reel
- Available with a knob for finger adjust
- Available with extended shaft
- Available with cross-slot rotor
- Top and side adjust types (F, P, H, W, X most popular)

- RoHS compliant* version available
- For trimmer applications/processing guidelines, [click here](#)

3386 - 3/8" Square Timpot® Trimming Potentiometer

Electrical Characteristics

Standard Resistance Range 10 ohms to 2 megohms
(see standard resistance table)
Resistance Tolerance $\pm 10\%$ std.
(tighter tolerance available)
Absolute Minimum Resistance 2 ohms max.
Contact Resistance Variation 2 % or 3 ohms max.
(whichever is greater)
Adjustability
Voltage Divider $\pm 0.05\%$
Rheostat $\pm 0.15\%$
Resolution Infinite
Insulation Resistance 500 vdc.
1,000 megohms min.
Dielectric Strength
Sea Level 900 vac
70,000 Feet 350 vac
Adjustment Angle 280° nom.

Environmental Characteristics

Power Rating (300 volts max.)
85 °C 0.5 watt
125 °C 0 watt
Temperature Range -55 °C to +125 °C
Temperature Coefficient ± 100 ppm/°C
Seal Test 85 °C Fluorinert†
Humidity MIL-STD-202 Method 103
96 hours
(2 % Δ TR, 10 Megohms min.)
Vibration 30 G (1 % Δ TR; 1 % Δ VR)
Shock 100 G (1 % Δ TR; 1 % Δ VR)
Load Life... 1,000 hours 0.5 watt @ 70 °C
(3 % Δ TR; 3 % or 3 ohms, whichever is greater, CRV)
Rotational Life 200 cycles
(4 % Δ TR; 3 % or 3 ohms, whichever is greater, CRV)

Physical Characteristics

Mechanical Angle 310° nom.
Torque 5.0 oz-in. max.
Stop Strength 15.0 oz-in. min.
Terminals Solderable pins
Weight 0.03 oz.
Marking Manufacturer's trademark, resistance code, wiring diagram, date code, manufacturer's model number and style
Flammability U.L. 94V-0
Standard Packaging 50 pcs. per tube
Wiper 50 % (Actual TR) $\pm 10\%$
Adjustment Tool H-90

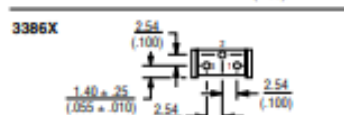
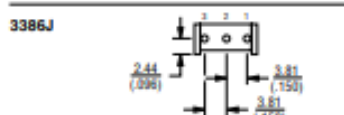
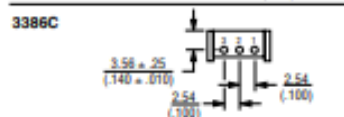
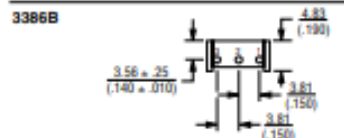
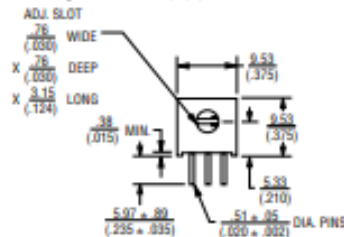


WARNING
Cancer and Reproductive Harm
www.P65Warnings.ca.gov

Specifications are subject to change without notice. Users should verify actual device performance in their specific applications. The products described herein and this document are subject to specific legal disclaimers as set forth on the last page of this document, and at www.bourns.com/docs/legaldisclaimer.pdf.

Product Dimensions

Common Dimensions
Side Adjust Models B,C,J,X



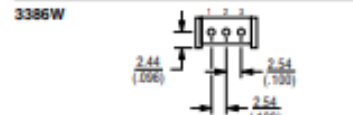
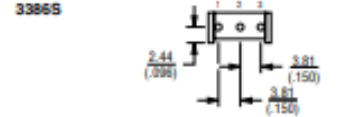
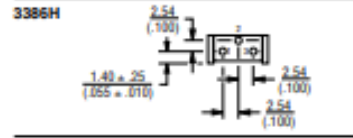
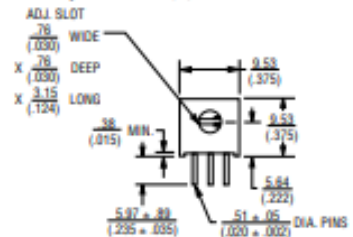
Standard Resistance Table

Resistance (Ohms)	Resistance Code
10	100
20	200
50	500
100	101
200	201
500	501
1,000	102
2,000	202
5,000	502
10,000	103
20,000	203
25,000	253
50,000	503
100,000	104
200,000	204
250,000	254
500,000	504
1,000,000	105
2,000,000	205

Popular distribution resistance values listed in boldface. Special resistances available.

*RoHS Directive 2015/863, Mar. 31, 2015 and Annex

Common Dimensions
Side Adjust Models H,S,W



DIMENSIONS: MM (INCHES)

TOLERANCES: ± 0.25 (.010) EXCEPT WHERE NOTED

How To Order

3386 P - 1 - 103 T - LF

Model _____
Style _____
Standard or Modified _____
Product Indicator _____
-1 = Standard Product
-EY5 = Extended Shaft
Resistance Code _____
Optional Suffix Letter _____
T = Knob**
Packaging Designator _____
Blank = Tube (Standard)
R = Tape & Reel (W and U Pin Styles Only)
A = Ammo Pack (W and U Pin Styles Only)
Tape and reel material meets Antistatic ANSI/ESD 5541-2003 packaging standards.
Terminations _____
LF = 100 % Tin-plated (RoHS compliant)
Blank = 90 % Tin / 10 % Lead-plated (Standard)

**Knob option is available only in standard tube packaging. Not recommended for side load applications. Consult factory for other available options.

†"Fluorinert" is a registered trademark of 3M Co.
"Timpot" is a trademark of Bourns, Inc.

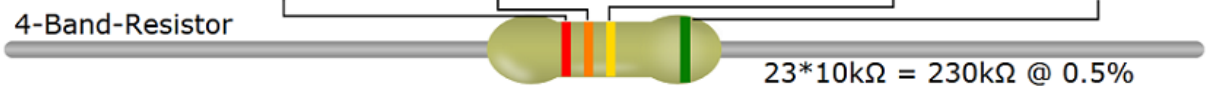
Lisa 2. Takistite värvikoodide tabel

5-Band-Resistor



Color	Band 1	Band 2	Band 3	Multiplic.	Tolerance
Black	0	0	0	10 ₀ (1Ω)	
Brown	1	1	1	10 ₁ (10Ω)	± 1%
Red	2	2	2	10 ₂ (100Ω)	± 2%
Orange	3	3	3	10 ₃ (1kΩ)	
Yellow	4	4	4	10 ₄ (10kΩ)	
Green	5	5	5	10 ₅ (100kΩ)	± 0.5%
Blue	6	6	6	10 ₆ (1MΩ)	± 0.25%
Purple	7	7	7	10 ₇ (10MΩ)	± 0.1%
Gray	8	8	8	10 ₈ (100MΩ)	± 0.05%
White	9	9	9	10 ₉ (1GΩ)	
Gold				10 ₋₁ (100mΩ)	± 5%
Silver				10 ₋₂ (10mΩ)	± 10%

4-Band-Resistor



Lisa 3. Lihtlitsents

Mina, Reio Innos,

sünniaeg 14.10.1999,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

Laboratuursete tööde juhendid elektroonikas pingejagurite kasutusviisidest Analog
Discovery 2 abil,

mille juhendaja(d) on Heino Pihlap, MSc,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor Reio Innos (allkirjastatud digitaalselt)

Tartu, 26.05.2021

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Heino Pihlap (allkirjastatud digitaalselt)

26.05.2021